

(4)

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-230471

(43)Date of publication of application : 24.08.2001

(51)Int.Cl.

H01L 43/08  
G01R 33/09  
G11B 5/39  
H01F 10/00  
H01F 10/06  
H01F 10/12  
H01F 10/14  
H01F 10/16  
H01F 10/18  
H01F 10/30  
H01F 10/32  
H01L 43/12

(21)Application number : 2000-356782

(71)Applicant : HEADWAY TECHNOLOGIES INC

(22)Date of filing : 22.11.2000

(72)Inventor : JE WEI TSUAN  
BERNARDO DE IENII  
CHEN MAO-MIN  
CHIN HON  
KOU TSUAN JII  
SUMO RYAO

(30)Priority

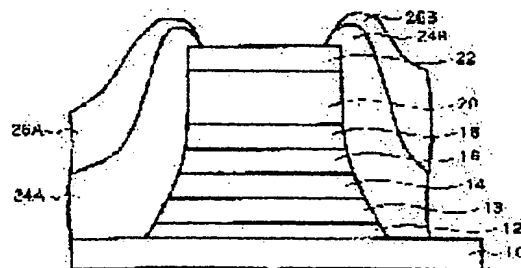
Priority number : 1999 443447 Priority date : 22.11.1999 Priority country : US

## (54) MAGNETORESISTIVE TRANSDUCER AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistive transducing element which can be improve in electron reflection and also provide a method of manufacturing the same.

SOLUTION: On a substrate 10, a seed layer 12, buffer layer 13, free layer 14, spacer layer 16, magnetization direction fixed layer 18, and magnetization direction fixing layer 20 are laminated in order. The buffer layer 13 is made of a metal oxide including a nickel (II) oxide or alpha-iron (III) oxide and has a crystal structure and a lattice constant which are similar to those of free layer 14. As a result, an electron reflection factor in an interface between the free layer 14 and the buffer layer 14 can be increased, which increases a rate of change in resistance.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-230471

(P2001-230471A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームト\* (参考)

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 0 1 R 33/09

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/00

H 0 1 F 10/00

10/06

10/06

10/12

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2000-356782(P2000-356782)

(22) 出願日

平成12年11月22日 (2000. 11. 22)

(31) 優先権主張番号

0 9 / 4 4 3 4 4 7

(32) 優先日

平成11年11月22日 (1999. 11. 22)

(33) 優先権主張国

米国 (U S)

(71) 出願人 500475649

ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポ  
レイテッド

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95035 ミリピタス サウス ヒルビュー  
ドライブ 678

(72) 発明者 ジェ ウェイ ツァン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95014 カッパーティノ ノーマンディー  
ウェイ 7680

(74) 代理人 100109656

弁理士 三反崎 泰司 (外 1 名)

最終頁に続く

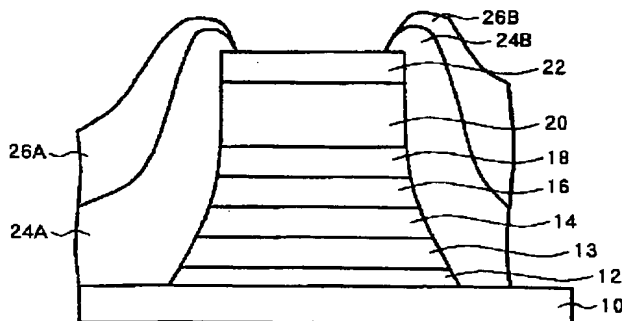
(54) 【発明の名称】

磁気抵抗変換素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 電子反射を改善することができる磁気抵抗変換素子およびその製造方法を提供することにある。

【解決手段】 基体10の上にシード層12、バッファ層13、フリー層14、スペーサー層16、磁化方向被固定層18および磁化方向固定作用層20が順次積層されている。バッファ層13は、酸化ニッケル (II) または $\alpha$ -酸化鉄 (III) を含む金属酸化物により構成されており、フリー層14と類似する結晶構造および格子定数を有している。これにより、フリー層14とバッファ層13との界面における電子の反射率が向上し、抵抗変換率が向上する。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** 基体上に、ニッケル・クロム合金、ニッケル・クロム・銅合金およびニッケル・鉄・クロム合金からなる群のうちのいずれかを含む磁気抵抗感度を向上させる材料からなるシード層を形成する工程と、前記シード層上に、酸化ニッケル (II) または  $\alpha$ -酸化鉄 (III) を含む金属酸化物からなるバッファ層を形成する工程と、前記バッファ層上に、強磁性のフリー層を形成する工程と、前記フリー層上に、非磁性導体からなるスペーサ層を形成する工程と、前記スペーサ層上に、強磁性の磁化方向被固定層を形成する工程と、前記磁化方向被固定層上に、磁化方向固定作用層を形成する工程と、前記磁化方向固定作用層上に、保護層を形成する工程とを含むことを特徴とする磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 2】** 前記バッファ層上に高伝導層を形成した後、前記高伝導層上に前記強磁性のフリー層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 3】** 前記高伝導層を銅または銅・ニッケル合金を含む材料形成する共に、その膜厚を 0.5 nm ~ 3 nm の範囲とすることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 4】** 前記磁化方向被固定層を、強磁性下部層、非磁性の導体からなる結合層および強磁性上部層の 3 層構造として、前記結合層により、前記強磁性下部層と前記強磁性上部層との間に反強磁性交換結合を生じさせることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 5】** 前記強磁性下部層および前記強磁性上部層を、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む強磁性材料により形成し、その膜厚を 0.5 nm ~ 2 nm の範囲とすると共に、前記結合層をルテニウムを含む非磁性材料により形成し、その膜厚を 0.5 nm ~ 1 nm の範囲とすることを特徴とする請求項 4 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 6】** 前記シード層を、ニッケル・鉄・クロム合金を含む材料により形成することを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 7】** 前記バッファ層を、 $\alpha$ -酸化鉄 (III) を含む金属酸化物により形成すると共に、その膜厚を 0.5 nm ~ 1.5 nm の範囲とすることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 8】** 前記フリー層を、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む単層構造、あるいはニッケルおよび鉄からなる群のうちの少なくとも

ニッケルを含む単層構造、あるいはコバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む層とニッケルおよび鉄からなる群のうちの少なくともニッケルを含む層との積層構造とすることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 9】** 前記スペーサ層を、銅により形成すると共に、その膜厚を 2 nm ~ 3 nm の範囲とすることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 10】** 前記フリー層および前記磁化方向被固定層を、ニッケル、鉄およびコバルトからなる群のうちの少なくとも 1 種を含む強磁性材料によりそれぞれ形成することを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 11】** 前記磁化方向被固定層を、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む強磁性材料により形成し、その膜厚を 1 nm ~ 3 nm の範囲とすることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 12】** 前記磁化方向固定作用層を、白金・マンガン合金、イリジウム・マンガン合金、ニッケル・マンガン合金および鉄・マンガン合金からなる群のうちのいずれかを含む材料により形成することを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 13】** 前記保護層を、ニッケル・鉄・クロム合金、ニッケル・クロム合金、ニッケル・クロム・銅合金およびタンタルからなる群のうちのいずれかを含む材料により形成することを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 14】** スピンバルブ構造、スピンフィルタ構造、あるいは反平行磁気方向性を有する構造のうちの少なくとも 1 を備えるように形成することを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

**【請求項 15】** 基体上に、ニッケル・クロム合金、ニッケル・クロム・銅合金およびニッケル・鉄・クロム合金からなる群のうちのいずれかを含む磁気抵抗感度を向上させる材料からなるシード層を形成する工程と、前記シード層上に、酸化ニッケル (II) または  $\alpha$ -酸化鉄 (III) を含む金属酸化物からなるバッファ層を形成する工程と、

前記バッファ層上に、高伝導層を形成する工程と、前記高伝導層上に、強磁性のフリー層を形成する工程と、

前記フリー層上に、非磁性の導体からなるスペーサ層を形成する工程と、

前記スペーサ上に、強磁性の磁化方向被固定層を形成する工程と、

前記被固定層上に、磁化方向固定作用層を形成する工程と、

前記磁化方向固定作用層上に、保護層を形成する工程とを含むことを特徴とする磁気抵抗変換素子の製造方法。

【請求項 16】 前記高伝導層を、銅または銅・ニッケル合金を含む材料により形成すると共に、その膜厚を 0.5 nm～3 nm の範囲とすることを特徴とする請求項 15 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

【請求項 17】 前記磁化方向被固定層を、強磁性下部層、非磁性の導体からなる結合層および強磁性上部層の 3 層構造として、前記結合層により、前記強磁性下部層と前記強磁性上部層との間に反強磁性交換結合を生じさせることを特徴とする請求項 15 記載の磁気抵抗変換素子の製造方法。

【請求項 18】 基体上に設けられると共に、ニッケル・クロム合金、ニッケル・クロム・銅合金およびニッケル・鉄・クロム合金からなる群のうちのいずれかを含む磁気抵抗感度を向上させる材料からなるシード層と、このシード層上に設けられ、酸化ニッケル (II) または  $\alpha$ -酸化鉄 (III) を含む金属酸化物からなるバッファ層と、このバッファ層上に設けられた強磁性のフリー層と、このフリー層上に設けられた非磁性の導体からなるスペーサ層と、このスペーサ層上に設けられた強磁性の磁化方向被固定層と、この磁化方向被固定層上に設けられた磁化方向固定作用層と、この磁化方向固定作用層上に設けられた保護層とを備えたことを特徴とする磁気抵抗変換素子。

【請求項 19】 前記バッファ層と前記フリー層との間に、高伝導層を備えたことを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 20】 前記高伝導層は、銅または銅・ニッケル合金を含む材料よりなることを特徴とする請求項 19 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 21】 前記磁化方向被固定層は、強磁性下部層、非磁性の導体からなる結合層および強磁性上部層の 3 層構造を有し、前記結合層により、前記強磁性下部層と前記強磁性上部層との間に反強磁性交換結合を生じさせることを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 22】 前記強磁性下部層および前記強磁性上部層は、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む強磁性材料よりなり、その膜厚は 0.5 nm～2 nm の範囲であると共に、前記結合層はルテニウムを含む非磁性材料よりなり、その膜厚は 0.5 nm～1 nm の範囲であることを特徴とする請求項 21 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 23】 前記シード層は、ニッケル・鉄・クロム合金を含む材料よりなることを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 24】 前記バッファ層は  $\alpha$ -酸化鉄 (III) を含む金属酸化物よりなると共に、その膜厚は 0.5 nm～1.5 nm の範囲であることを特徴とする請求項 1

8 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 25】 前記フリー層は、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む単層構造、あるいはニッケルおよび鉄からなる群のうちの少なくともニッケルを含む単層構造、あるいはコバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む層とニッケルおよび鉄からなる群のうちの少なくともニッケルを含む層との積層構造を有することを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 26】 前記スペーサ層は銅よりなると共に、その膜厚は 2 nm～3 nm の範囲であることを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 27】 前記フリー層および前記磁化方向被固定層は、それぞれニッケル、鉄およびコバルトからなる群のうちの少なくとも 1 種を含む強磁性材料よりなることを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 28】 前記磁化方向被固定層は、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む強磁性材料よりなり、その膜厚は 1 nm～3 nm の範囲であることを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 29】 前記磁化方向固定作用層は、白金・マンガン合金、イリジウム・マンガン合金およびニッケル・マンガン合金および鉄・マンガン合金からなる群のうちのいずれかを含む材料よりなることを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【請求項 30】 前記保護層は、ニッケル・鉄・クロム合金、ニッケル・クロム合金、ニッケル・クロム・銅合金およびタンタルからなる群のうちのいずれかを含む材料よりなることを特徴とする請求項 18 記載の磁気抵抗変換素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主にデータ記憶再生装置またはデータ再生専用装置に用いられる磁気抵抗変換素子およびその製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、巨大磁気抵抗素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気センサ感度の改善および磁気記録密度の増大が進んでいる。同時に、磁気抵抗変換素子の 1 つである磁気抵抗効果センサ（以下 MR センサと呼ぶ）および磁気抵抗効果ヘッド（以下 MR ヘッドと呼ぶ）の開発が急速な進歩を遂げている。MR センサおよび MR ヘッドは、外部磁界に応じて電気抵抗が変化することを利用して外部磁界信号を読み取ることができる。このような MR センサおよび MR ヘッドにおいては、記録媒体に対する相対的な変位速度によって再生出力が決まることはなく、これにより、高密度磁気記録においても高感度および高出力レベルを得ることができる。

【0003】MRセンサおよびMRヘッドとしては、異方性磁気抵抗効果（AMR（Anisotropic Magnetoresistive）効果）を示す磁性膜（AMR膜）を用いたAMRセンサおよびAMRヘッドと、巨大磁気抵抗効果（GMR（Giant Magnetoresistive）効果）を示す磁性膜（GMR膜）を用いたGMRセンサおよびGMRヘッドなどがある。AMRヘッドは、面記録密度が $1\text{ Gbit/inch}^2$ を超える再生ヘッドとして利用され、GMRヘッドは、面記録密度が $3\text{ Gbit/inch}^2$ を超える再生ヘッドとして利用されている。

【0004】ところで、GMR膜としては、「多層型（アンチフェロ型）」、「誘導フェリ型」、「グラニューラ型」、「スピバルブ型」等が提案されている。これらの中で、比較的構成が単純で、弱い磁場でも大きな抵抗変化を示し、量産に好ましいと考えられるGMR膜は、スピバルブ型である。

【0005】このスピバルブ型のGMR膜は、一対の強磁性層の間に非磁性層を挟んだ構造を有しており、一対の強磁性層それぞれにおける磁化方向の相対角度に応じて、強磁性層と非磁性層との界面における伝導電子のスピ依存散乱により抵抗が変化するようになっている。これは例えば「スピバルブ効果」と呼ばれている。なお、本明細書において「非磁性」という言葉の意味は、「常磁性」および「反磁性」の意味、または「常磁性」あるいは「反磁性」の意味で用いられる。

【0006】近年、このスピバルブ型のGMR膜では、一方の強磁性層の外側に絶縁膜を設け、界面において電子を反射させて抵抗変化率を向上させることが提案されている。しかし、現実には更なる抵抗変化率の向上が求められており、絶縁膜の構造および材料に関する改良が要求されている。なお、関連従来技術としては、例えば、米国特許第5,843,589 および米国特許第5,766,743 がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、電子反射を改善することのできる磁気抵抗変換素子およびその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による磁気抵抗変換素子の製造方法は、基体上に、ニッケル・クロム合金、ニッケル・クロム・銅合金およびニッケル・鉄・クロム合金からなる群のうちのいずれかを含む磁気抵抗感を向上させる材料からなるシード層を形成する工程と、シード層上に、酸化ニッケル（II）または $\alpha$ -酸化鉄（III）を含む金属酸化物からなるバッファ層を形成する工程と、バッファ層上に、強磁性のフリー層を形成する工程と、フリー層上に、非磁性導体からなるスペーサ層を形成する工程と、スペーサ層上に、強磁性の磁化方向被固定層を形成する工程と、磁化方向被固定層上

に、磁化方向固定作用層を形成する工程と、磁化方向固定作用層上に保護層を形成する工程とを含むものである。

【0009】また、本発明による磁気抵抗変換素子は、基体上に、ニッケル・クロム合金、ニッケル・クロム・銅合金およびニッケル・鉄・クロム合金からなる群のうちのいずれかを含む磁気抵抗感を向上させる材料からなるシード層と、このシード層上に設けられ、酸化ニッケル（II）または $\alpha$ -酸化鉄（III）を含む金属酸化物からなるバッファ層と、このバッファ層上に設けられた強磁性のフリー層と、このフリー層上に設けられた非磁性の導体からなるスペーサ層と、このスペーサ層上に設けられた強磁性の磁化方向被固定層と、この磁化方向被固定層上に設けられた磁化方向固定作用層と、この磁化方向固定作用層上に設けられた保護層とを備えている。

【0010】本発明による磁気抵抗変換素子およびその製造方法では、バッファ層が、フリー層と類似する結晶構造（例えば、面心立法構造あるいは体心立法構造）および格子定数を有する金属酸化物により構成されている。このバッファ層は、従来のタンタル（Ta）よりなる下地層に代わるものである。これにより、フリー層とバッファ層との界面における電子の反射率が向上し、抵抗変化率が向上する。

【0011】なお、本発明による磁気抵抗変換素子およびその製造方法では、抵抗変化率を向上させるために、バッファ層とフリー層との間に高伝導層を備えた構成とすることが好ましい。高伝導層は、例えば、銅または銅・ニッケル合金を含む材料により構成することが好ましい。この高伝導層を設けた構造は、スピフィルター構造などと呼ばれている。

【0012】また、本発明による磁気抵抗変換素子およびその製造方法では、磁化方向被固定層を、強磁性下部層、非磁性の導体からなる結合層および強磁性上部層の3層構造を有し、結合層により強磁性下部層と強磁性上部層との間に反強磁性交換結合を生じるような構成とすることが好ましい。この場合、強磁性下部層と強磁性上部層には反平行磁気方向性がある。ここに、反平行磁気方向性があるとは、「磁化方向が互いに反対向き」の意であり、磁化の向きが $180^\circ$ 異なる場合のみを言うのではなく、2つの磁化の向きが $180^\circ \pm 20^\circ$ 異なる場合を含めて言う。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0014】〔第1の実施の形態〕図1は本発明の第1の実施の形態に係る磁気抵抗変換素子の一具体例であるスピバルブ型GMRセンサ（以下、SVGMRセンサと言う）のエアベアリング面側から見た平面の構成を表すものである。

【0015】なお、このSVGMRセンサは、基体10

上に、ニッケル・クロム合金 (NiCr)、ニッケル・クロム・銅合金 (NiCrCu) およびニッケル・鉄・クロム合金 (NiFeCr) からなる群のうちのいずれかを含む磁気抵抗感度を向上させる材料からなるシード層12を備えている。シード層12上には、酸化ニッケル (II) (NiO) または $\alpha$ -酸化鉄 (III) ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) を含む金属酸化物からなるバッファ層13が設けられている。バッファ層13上には、強磁性のフリー層14、非磁性の導体からなるスペーサ層16、強磁性の磁化方向被固定層18、磁化方向固定作用層20および保護層22が、この順で積層されている。これらシード層12、バッファ層13、フリー層14、スペーサ層16、磁化方向被固定層18、磁化方向固定作用層20および保護層22よりなる積層構造の両側には、積層構造の両端のエッジ部分を保護するように一対の磁気バイアス層24A、24Bおよびリード層26A、26Bが設けられている。

【0016】このSVGMRセンサは、バッファ層13を備えていることを特徴としている。このバッファ層13は、フリー層14の結晶格子定数に類似し、また、同様の結晶構造 (例えば、面心立方構造あるいは体心立方構造) を有する金属酸化物からなり、本発明者による従来のタンタル (Ta) からなる下地層に取って代わるものである。本実施の形態では、このバッファ層13により、バッファ層13とフリー層14との界面における電子の反射率が向上し、抵抗変化率が向上するようになっている。

【0017】このSVGMRセンサにおけるバッファ層13以外の構成については、一般的に知られているものであり、従来の方法および材料を用いて作成することができる。本実施の形態の特徴は、金属酸化物により構成されるバッファ層13にあるが、以下、各構成要素について説明する。

【0018】基体10は、一般に、酸化物、窒化物、ホウ化物あるいは炭化物に限定することなく、酸化物、窒化物、ホウ化物および炭化物のうちの少なくとも1種を含む均一あるいは不均一な非磁性セラミック材料により構成される。本実施の形態では、例えば、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・TiC (アルティック) により構成されることが望ましい。

【0019】なお、図1では明確に記載していないが、基体10の上面は酸化アルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) により構成されることが好ましい。更に、必要に応じて、基体10の上、すなわち基体10とシード層12との間には、ニッケル鉄合金 (NiFe) などよりなるシールド層および酸化アルミニウムよりなるシールドギャップ層が基体10の側からこの順に形成されていることが好ましい。

【0020】また、基体10は、例えば、デジタル式の磁気データ記憶再生装置または磁気データ再生専用装置

である直接アクセス型の記憶再生装置 (DASD) などにおいては、ヘッドが搭載されるスライダを構成するように、十分な寸法で形成されることが望ましい。直接アクセス型の記憶再生装置の構成は、従来通りのものであるため、その記載は省略する。なお、このSVGMRセンサは、他のデジタル式の磁気データ記憶再生装置、あるいは磁気変換装置、またはアナログ式の磁気データ記憶装置あるいは磁気変換装置にも同様に用いることができる。その場合には、基体10はそれらの構造に応じて形成される。

【0021】シード層12は、磁気抵抗 (MR) 感度を向上させる材料から形成されるものであり、下記の (1) ~ (3) のいずれかを含むように構成されることが望ましいことが実験的にわかっている。

(1) ニッケル・鉄・クロム合金。特に、ニッケル：鉄：クロムの質量比率が約56：14：30~40：10：50の範囲内、より望ましくは約53：12：35~44：11：45の範囲内であるもの。

(2) ニッケル・クロム合金。特に、フリー層14の少なくとも一部がニッケル・鉄合金よりなる場合、例えば、ニッケル：鉄の質量比率が約70：30~90：10の範囲内、より望ましくは約77：23~から85：15の範囲内であるニッケル・鉄合金よりなる場合には、ニッケル：クロムの質量比率が約40：60~60：40の範囲内、より望ましくは約45：55~55：45の範囲内であるもの。

(3) ニッケル・クロム・銅合金。

【0022】シード層12の膜厚は、例えば、3nm~10nmの範囲が好ましく、より望ましくは、4nm~6nmの範囲である。

【0023】バッファ層13は、酸化ニッケル (II) または $\alpha$ -酸化鉄 (III) などを含む金属酸化物により構成される。バッファ層13の膜厚は薄く、例えば約0.5nm~1.5nmの範囲であることが望ましい。

【0024】例えば、バッファ層13が酸化ニッケル (II) よりなる場合には、膜厚が約20nmよりも厚いと、反強磁性および誘電性を示すようになるが、膜厚が薄いと、非磁性および誘電性を示すようになる。このSVGMRセンサでは、バッファ層13の膜厚を非常に薄くすることにより、バッファ層13とフリー層14との界面における電子の反射率を向上させ、磁気抵抗感度を向上させることができるようになっている。

【0025】バッファ層13は、例えばCVD (Chemical Vapor Deposition: 化学的気相成長) 法やスパッタリング法により形成することができるが、勿論これらに限定されるものではない。例えば、ニッケルをターゲットとし、アルゴン・酸素混合ガスを用いた反応性高周波スパッタリング法により形成する場合には、条件を下記の (1) ~ (3) に示したようにすることが好ましい。

(1) 反応室 (リアクタ) 内の圧力=666.6mPa

～1999.8 mPa。

(2) 高周波電力=50W～100W(周波数は13.56MHz)。

(3) アルゴン・酸素混合ガスの流量=50 cm<sup>3</sup>/min～100 cm<sup>3</sup>/min(50 sccm～100 sccm)。

【0026】また、バッファ層13におけるニッケルと酸素の原子比率を0.8:1.0～1.0:0.8とするためには、アルゴン・酸素混合ガス中の酸素含有量を4体積%～12体積%とすることが好ましい。

【0027】フリー層14は、SVGMRセンサにおいて一般的に用いられる強磁性材料により構成され、その膜厚は薄く、例えば2 nm～3 nmの範囲が好ましい。強磁性材料としては、一般に、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、あるいはこれら少なくとも1種を含む合金があり、フリー層14は、これらのいずれか1種よりなる単層構造、あるいはこれらの2種以上よりなる積層構造とされている。

【0028】但し、フリー層14の少なくとも一部、具体的にはシード層12およびバッファ層13の側の少なくとも一部は、ニッケルおよび鉄からなる群のうちの少なくともニッケルにより構成されていることが好ましく、ニッケル・鉄合金により構成されていればより好ましい。ニッケル・鉄合金におけるニッケル:鉄の質量比率は約70:30～90:10の範囲内であることが好ましく、約77:23～85:15の範囲内であればより好ましい。これらの場合に高い磁気抵抗(MR)感度を得ることができ、しかも上述したバッファ層13と類似した結晶構造および格子定数を有するようにできるからである。

【0029】具体的には、フリー層14は、次のように構成されることが好ましい。例えば、(1)酸化ニッケル(II)からなるバッファ層13上に、2 nm～10 nmの厚みのニッケル・鉄合金の単層構造を有するように、または(2)バッファ層13の上に、このニッケル・鉄合金層の上に厚さ0.5 nm～2 nmのコバルト層あるいは鉄を20質量%以下、より好ましくは5質量%～15質量%の範囲で含有するコバルト・鉄合金(CoFe)層とがこの順に積層された積層構造を有するように構成されることが好ましい。

【0030】なお、フリー層14のバッファ層13側の少なくとも一部は、結晶構造および格子定数がバッファ層13と類似するものであれば、上述した材料以外の強磁性材料により構成されてもよい。また、フリー層14の少なくとも一部は、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトにより構成するようにしても好ましく、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む層の上にニッケルおよび鉄からなる群のうちの少なくともニッケルを含む層が積層された積層構造を有するようにしてもよい。

【0031】スペーサ層16は、銅(Cu)、金(Au)、銀(Ag)などの非磁性の導体材料により形成されている。また、これらの金属の合金層としてもよく、あるいはこれらの金属の積層構造としてもよい。具体的には、例えば、フリー層14上に、例えば銅を2 nm～3 nmの厚みに形成する。

【0032】磁化方向被固定層18は、例えば、フリー層14と同様に一般的な強磁性材料、例えばニッケル、鉄、コバルト、あるいはこれら少なくとも1種を含む合金により構成され、その膜厚は薄い方が好ましい。磁化方向被固定層18は、フリー層14と同一の強磁性材料により構成されていてもよく、異なる強磁性材料により構成されていてもよい。中でも、磁化方向被固定層18は、コバルトおよび鉄かななる群のうちの少なくともコバルトを含む強磁性材料により、約1 nm～3 nmの範囲の膜厚で構成されることが好ましい。特に、コバルト・鉄合金により構成される場合には、鉄を約20質量%以下の範囲、更には約10質量%以下の範囲で含むものが好ましい。

【0033】磁化方向固定作用層20は、例えば、下記の(1)または(2)に記載した材料を含むように構成される。

(1) 反強磁性硬磁性磁化方向固定作用材料  
鉄・マンガン合金(FeMn)、ニッケル・マンガン合金(NiMn)、白金・マンガン合金(PtMn)、イリジウム・マンガン合金(IrMn)、あるいはこれらのうちのいずれかを含む反強磁性硬磁性磁化方向固定作用材料など。なお、反強磁性硬磁性磁化方向固定作用を有する材料であればこれらに限定されない。

(2) 永久磁石硬磁性磁化方向固定作用材料  
コバルト・白金合金(CoPt)、あるいはこれを含む永久磁石硬磁性磁化方向固定作用材料など。なお、永久磁石硬磁性磁化方向固定作用を有する材料であればこれらに限定されない。

【0034】中でも、磁化方向固定作用層20は、反強磁性硬磁性磁化方向固定作用材料を含むように構成されることが好ましく、特に、白金・マンガン合金を含むように構成されることが好ましい。白金:マンガンの質量比率は、約60:40～40:60の範囲が好ましい。磁化方向固定作用層20の膜厚は、約15 nm～30 nmの範囲が好ましい。

【0035】保護層22は、スペーサ層16と同様の一般的な非磁性導体材料により、あるいは保護層22を通して分路する電流を制限するためにより高抵抗の非磁性導体材料により構成される。このような高抵抗の非磁性導体材料としては、タンタル(Ta)あるいはタンタルを含むものなどが挙げられるが、これに限定されない。具体的には、例えば、タンタルにより3 nm～10 nmの範囲の膜厚、より好ましくは4 nm～6 nmの範囲の膜厚で構成されることが好ましい。



【0036】なお、保護層22は、非磁性導体材料に代えて、シード層12と同様あるいは類似する材料により構成されてもよい。すなわち、ニッケル・鉄・クロム合金、ニッケル・クロム合金およびニッケル・クロム・銅合金からなる群のうちのいずれかを含む材料により構成されてもよい。この場合、保護層22とシード層12とは、同一の材料により構成されてもよく、異なる材料により構成されてもよい。

【0037】なお、保護層22は、任意の構成要素であり、保護層22の下に形成されている構造、すなわちシード層12から磁化方向固定作用層20までの積層構造の劣化を防止するための防壁として機能するものである。

【0038】磁気バイアス層24A、24Bは、シード層12に沿ってリード層26A、26Bの下に形成されている。磁気バイアス層24A、24Bの膜厚は、例えば、約20nm～40nmの範囲が好ましい。磁気バイアス24A、24Bは、例えば、磁化方向固定作用層20と同様のあるいは類似する材料により構成される。

【0039】リード層26A、26Bは、特に限定されないが、例えば、金、銀、銅、あるいはこれらの少なくとも1種を含む合金などの一般的な導体材料により構成される。具体的には、金とタンタルとの積層構造とされることが好ましい。リード層26A、26Bの膜厚は、例えばエアベアリング面におけるトラック幅が0.5μm～1.5μmの範囲である場合には、約20nm～80nmの範囲であることが好ましい。

【0040】上述した各々の層は、SVGMRセンサ素子の技術において一般的であるとされる方法により形成することができる。

【0041】このように本実施の形態によれば、ニッケル・クロム合金、ニッケル・鉄・クロム合金およびニッケル・クロム・銅合金からなる群のうちのいずれかを含む材料よりなるシード層12の上に、酸化ニッケル(I)あるいはα-酸化鉄(III)などを含む金属酸化物からなるバッファ層13を形成し、この上に強磁性材料よりなるフリー層14を形成するようにしたので、バッファ層13とフリー層14との界面における電子の反射率

を向上させることができ、良好な磁気抵抗感度を得ることができる。

【0042】なお、図1には明確に記載していないが、現実には、外部磁界の影響がない状態において、磁化方向被固定層18の磁化方向がフリー層14の磁化方向に対して垂直となるようにすることが好ましい。例えば、フリー層14の磁化方向は、エアベアリング面に平行で、フリー層14の長いほうの軸と合致することが一般的であり、また望ましい。同時に、磁化方向被固定層18の磁化方向は、エアベアリング面に垂直であることが一般的であり、また望ましい。このような磁化方向は、SVMRセンサ素子の技術において一般的とされる方法、例えば磁界を印加した状態で熱アニール(約280℃以下の温度で約5時間以内)する方法、あるいは磁界を印加した状態で蒸着する方法により得られる。

【0043】また、このSVGMRセンサは、用いられる磁気データ記憶再生装置、磁気データ再生専用装置あるいは磁気変換装置において十分に機能するように、他の一般的なあるいは更に改良された層あるいは構造を有していてもよい。他の層あるいは構造としては、限定されないが、例えば、シールド層、パッシベーション膜(保護被膜)、配線層あるいは誘導型書き込み素子、またはこれらの構造が挙げられる。このように、これらまたは他の層あるいは構造を更に有するSVGMRセンサにより、磁気再生専用ヘッド、磁気記憶再生ヘッド、あるいはその他の磁気ヘッドは構成される。

【0044】〔第2の実施の形態〕図2は本発明の第2の実施の形態に係るSVGMRセンサの構成を表すものである。このSVGMRセンサは、第1の実施の形態のバッファ層13とフリー層14との間に高伝導層30が介在していることを除いて、第1の実施の形態と同じ構成を有している。従って、第1の実施の形態と同一構成部分については、同一符号を付してその説明は省略する。また、表1に第1の実施の形態と第2の実施の形態の構成を併せて示す。

【0045】

【表1】

層	特 性	材 料	膜 厚 (nm)
保護層 22		NiFeCr, NiCr, Ta	4~6
磁化方向固定作用層 20		MnPt, IrMn, MnNi等	
磁化方向被固定層 18	磁化方向固定作用層 20により 磁化方向は固定	CoFe, Co	2~3
スペーサ層 16		Cu	2~3
フリー層 14		CoFe, NiFe, CoFeとNiFe, CoとNiFe	
高伝導層 30 (第2の実施の形態)	第2の実施の形態では高伝導層 を有する	Cu, CuNi	1~3
バッファ層 13	フリー層 14の 結晶構造の結晶 格子に類似	NiO, $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
シード層 12		NiCr, NiCrCu, NiFeCr	
シールド層で被覆された 基体 10		基体上部はAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、 シールド層はNiFe で構成されることが好ましい	

【0046】高伝導層 30は、例えば非磁性導体材料、具体的には銅または銅・ニッケル合金 (CuNi) を含む材料により形成されることが好ましい。高伝導層 30の膜厚は0.5nm~3nmの範囲であることが好ましく、より具体的には高伝導層 30とバッファ層 13との間の界面における電子の反射率に応じて好ましい範囲が異なり、1nm~3nmの範囲あるいは0.5nm~1.5nmの範囲であればより好ましい。この高伝導層 30によってスピントラ効果が生まれ、抵抗変化率がより向上する。

【0047】〔第3の実施の形態〕図3は本発明の第3の実施の形態に係るSVGMRSの磁化方向被固定

層 18の構成を表すものであり、(a)は図1に対応した積層構造を表し、(b)は磁化方向被固定層 18の詳細な構成を拡大して表している。このSVGMRSセンサは、磁化方向被固定層 18が、強磁性下部層 18A、結合層 18Bおよび強磁性上部層 18Cよりなる3層構造を有することを除き、第1の実施の形態と同一の構成を有している。よって、ここでは、同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。また、表2に本実施の形態における磁化方向被固定層 18の構成を示す。

【0048】

【表2】

層	構成	膜厚 (nm)
強磁性上部層18C	・CoFe (Co:70質量%~95質量%; Fe:5質量%~30質量%) ・Co ・NiFe	0.5~2
結合層18B	・Ru	0.5~1
強磁性下部層18A	・CoFe (Co:70質量%~95質量%; Fe:5質量%~30質量%) ・Co ・NiFe	0.5~2

【0049】磁化方向被固定層18は、強磁性下部層18A、結合層18B、強磁性上部層18Cをスペーサ層16の側からこの順に積層した構造を有している。強磁性下部層18Aおよび強磁性上部層18Cは、コバルトおよび鉄からなる群のうちの少なくともコバルトを含む強磁性材料により形成され、その膜厚は、例えば、0.5nm~2nmの範囲が好ましい。特に、コバルト・鉄合金により構成される場合には、鉄を約5質量%~30質量%の範囲で含むものが好ましい。また、第1の実施の形態において説明した磁化方向被固定層18を構成する他の材料により構成するようにしても良い。

【0050】強磁性下部層18Aと強磁性上部層18Cとの間に介在する結合層18Bは、例えば、その膜厚が0.5nm~1nmであり、例えば、ルテニウムを含む非磁性材料により構成されている。この結合層18Bは、強磁性下部層18Aと強磁性上部層18Cとの間に反強磁性交換結合を生じさせ、強磁性下部層18Aと強磁性上部層18Cに反平行磁気方向性を持たせる。すなわち、磁化方向被固定層18は、互いに反対向きの磁化が併存するようになっている。ちなみに、「磁化が互いに反対向き」と言うのは、上述したように、2つの磁化の向きが $180^\circ \pm 20^\circ$ 異なる場合を含めて言う。なお、図3(b)に記載された矢印は、強磁性下部層18Aおよび強磁性上部層18Cのそれぞれの磁化の向きを表しており、反平行磁気方向性の一例を示すものである。

【0051】このように結合層18Bにより反平行磁気方向性を持たせたSVGMRセンサの一構成例を、限定するものではないが以下に示す。下記の構成は、左側に記載した層の上に右側に記載した層が積層されていることを意味している。シード層12(NiFeCr)/バッファ層13( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/フリー層14(NiFe+CoFe)/スペーサ層16(Cu)/強磁性下部層18A(CoFe)/結合層18B(Ru)/強磁性上部層18C(CoFe)/磁化方向固定作用層20(PtMn)

【0052】【模擬実験結果】図4はスピニフィルタ構

造を有するSVGMRセンサの模擬実験結果による高伝導層の厚さと抵抗変化率との関係を表すものであり、高伝導層の下側の界面における電子の反射率pを変えた複数の場合を表している。横軸は高伝導層の厚さ(単位はnm)であり、縦軸は抵抗変化率(単位は%)である。

【0053】図4において破線で示したp=0.3の抵抗変化率は、SVGMRセンサを下記のように構成した場合のものである。

下地層(Ta、厚さ5nm)/高伝導層/フリー層(CoFe、厚さ1nm)/スペーサ層(Cu、厚さ2.5nm)/磁化方向被固定層(CoFe、厚さ2nm)/磁化方向固定作用層(IrMn、厚さ5nm)/保護層(Ta、厚さ5nm)

なお、この構成は、左側に記載した層の上に右側に記載した層が積層されていることを意味しており、下地層というのは、本発明におけるバッファ層の代わりに形成したものである。

【0054】また、他の抵抗変化率は、上述した反射率p=0.3のSVGMRセンサにおいて下地層の構成を変化させることにより、高伝導層の下側の界面、すなわち高伝導層と下地層との界面における電子の反射率pを変化させた場合のものである。

【0055】図4に示したように、高伝導層の挿入により抵抗変化率は大きく増大することが分かる。また、界面における電子の反射率が大きい方が、抵抗変化率が大きいことも分かる。すなわち、本実施の形態のように、高伝導層を酸化ニッケル(II)あるいは $\alpha$ -酸化鉄(II)を含む金属酸化物よりなるバッファ層の上に形成するようにすれば、その界面における電子の反射率を大きくすることができ、抵抗変化率を大きくできることが分かる。

【0056】なお、ここではSVGMRセンサの一構成例について模擬実験結果を説明したが、酸化ニッケル(II)あるいは $\alpha$ -酸化鉄(III)を含む金属酸化物よりなるバッファ層13と、強磁性材料よりなるフリー層14との間に、銅あるいは銅・ニッケル合金を含む材料よりなる高伝導層30を介在させるようにすれば、上述

した他の好ましい構成を有するようにしても、同様の結果を得ることができる。高伝導層 30 の膜厚は例えば 0.5 nm ~ 1.5 nm の範囲あるいは 1 nm ~ 3 nm の範囲が好ましい。

【0057】このようにスピニフィルタ構造を有する SVGMR センサの構成例 (1)、(2) を、限定するものではないが以下に示す。下記の構成は、左側に記載した層の上に右側に記載した層が積層されていることを意味している。

- (1) シード層 12 (NiFeCr) / バッファ層 13 (NiO) / 高伝導層 (Cu) / フリー層 14 (CoFe) / スペーサ層 16 (Cu) / 磁化方向被固定層 18 (CoFe) / 磁化方向固定作用層 20 (PtMn)
- (2) シード層 12 (NiFeCr) / バッファ層 13 ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) / 高伝導層 (Cu) / フリー層 14 (CoFe) / スペーサ層 16 (Cu) / 磁化方向被固定層 18 (CoFe) / 磁化方向固定作用層 20 (PtMn)

【0058】以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、シード層 12 の上に金属酸化物からなるバッファ層 13 が形成され、その上に強磁性のフリー層 14 が形成されているというように各層について説明したが、それらの層の直接上のみを意味するのではなく、一般的には、それらの層の上方に位置する場合を広く含んでいる。例えば、上記実施の形態においても説明したように、バッファ層 13 とフリー層 14 との間に高伝導層 30 が介在したり、磁化方向被固定層 18 に反平行磁気方向性を持たせるための結合層 18B が挿入されるなど、他の層が間に介在するように形成される場合もある。

【0059】また、本発明は、SVGMR センサ素子に限定されず、単純な SVMR センサ、反平行磁気方向性を有するように構成された GMR センサ、スピニフィルタ構造を有する GMR センサ、およびスピニフィルタ構造と反平行磁気方向性とを有するように構成された GMR センサなどの各種 GMR センサに適用される。

【0060】更に、上記実施の形態では、デジタル式の

磁気データ記憶再生装置あるいは磁気データ再生専用装置であるダイレクトアクセス記憶装置 (DASD) に用いる場合について具体的に説明したが、他のデジタル式の磁気データ記憶再生装置、磁気データ再生専用装置あるいは他の磁気変換装置、またはアナログ式の磁気データ記憶再生装置、磁気データ再生専用装置あるいは他の磁気変換装置についても同様に用いることができる。

#### 【0061】

【発明の効果】以上のように本発明の磁気抵抗変換素子あるいはその製造方法によれば、ニッケル・クロム合金、ニッケル・鉄・クロム合金およびニッケル・クロム・銅合金からなる群のうちのいずれかを含む材料よりなるシード層の上に、酸化ニッケル (II) あるいは  $\alpha$ -酸化鉄 (III) を含む金属酸化物からなるバッファ層を形成し、この上に強磁性材料よりなるフリー層を形成するようにしたので、バッファ層とフリー層との界面における電子の反射率を向上させることができ、良好な磁気抵抗感度を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る SVGMR センサの構成を表すエアベアリング面側から見た平面図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施の形態に係る SVGMR センサの構成を表すエアベアリング面側から見た平面図である。

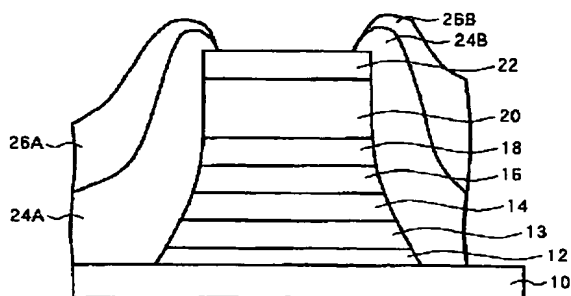
【図 3】本発明の第 3 の実施の形態に係る SVGMR センサにおける磁化方向被固定層の構成を表す断面図である。

【図 4】模擬実験における高伝導層の厚さと抵抗変換率との関係を表す特性図である。

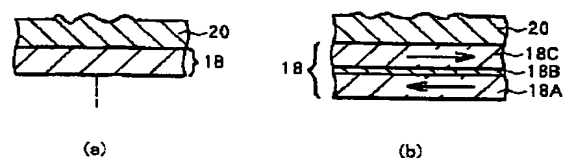
#### 【符号の説明】

10…基体、12…シード層、13…バッファ層、14…フリー層、16…スペーサ層、18…磁化方向被固定層、18A…強磁性下部層、18B…結合層、18C…強磁性上部層、20…磁化方向固定作用層、22…保護層、24A、24B…磁気バイアス層、26A、26B…リード層、30…高伝導層。

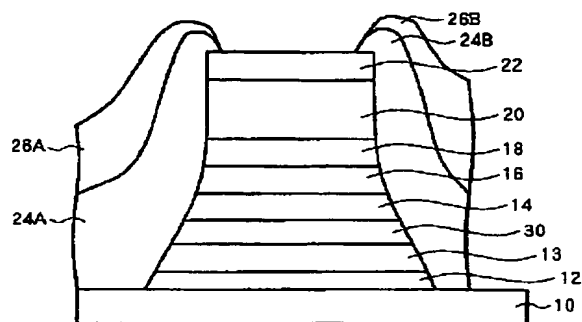
【図 1】



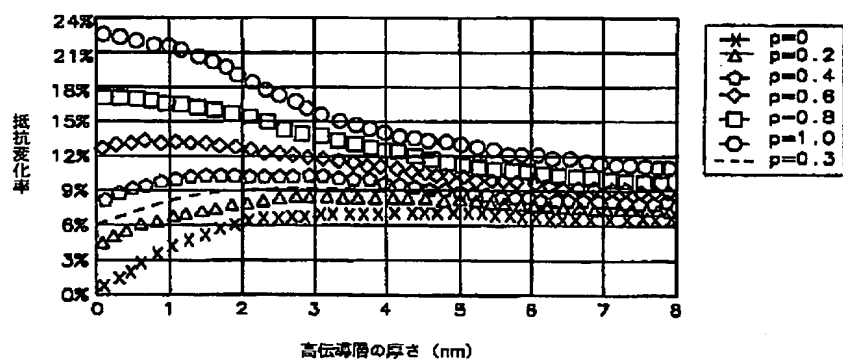
【図 3】



【図 2】



【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 F 10/12

H 0 1 F 10/14

10/14

10/16

10/16

10/18

10/18

10/30

10/30

10/32

10/32

H 0 1 L 43/12

H 0 1 L 43/12

G 0 1 R 33/06

R

(72) 発明者 ベルナルド ディエニー

(72) 発明者 チン ホン

フランス国 ラン オン バルコル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

38250 アリー ド エラブレ 180

95120 サンジョセ カルカテッラ ドラ

(72) 発明者 マオ ミン チン

イブ 7174

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

(72) 発明者 コウ ツァン ジー

95120 サンジョセ ウッドビュー プレ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

ース 1025

94539 フレモント ウッドサイド テラ

ス 3535

(72)発明者 スモ リャオ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94539 フレモント ベナベンテ アベニ  
ュー 39757